

KAJIAN LAMA WAKTU PENGALIRAN TERHADAP BESAR PERESAPAN YANG TERJADI PADA SALURAN DRAINASE PORUS

Irfan Prasetya¹⁾

Abstrak – Dalam metode dan perumusan Saluran Drainase Porus oleh Sunjoto (1993), parameter yang digunakan untuk menentukan besarnya debit kehilangan air di saluran adalah tinggi air dalam saluran (m), koefisien permeabilitas tanah (m/s), lebar tengah saluran (m) dan panjang saluran. Adapun pada penelitian ini mencoba untuk mengembangkan metode dan perumusan tersebut dengan mengkaji apakah lama waktu pengaliran memiliki pengaruh terhadap besar peresapan yang terjadi pada saluran drainase porus. Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan permodelan saluran drainase porus yang terdapat di Fakultas Teknik Unlam Banjarbaru. Data penunjang seperti data hidrologi dan sampel tanah diperoleh dari data proyek pembuatan model saluran drainase porus dan sumur resapan di Fakultas Teknik Unlam Banjarbaru. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa fungsi waktu (lama waktu pengaliran), ternyata tidak mempengaruhi terhadap besarnya peresapan yang terjadi pada sebuah Saluran Drainase Porus. Sehingga formula yang dikemukakan oleh Sunjoto (1993) ternyata memang telah sesuai dengan aplikasinya di lapangan. Terbukti dari data debit rembesan (Q rembesan) yang terjadi pada 2 kali percobaan konstan sebesar $Q = 3,82$ l/d pada percobaan pertama dalam rentang waktu 9 menit dan $Q = 3,84$ l/d pada percobaan kedua dalam rentang waktu 15 menit

Kata kunci: Saluran Drainase Porus, Lama Waktu Pengaliran, Peresapan, Debit Rembesan

PENDAHULUAN

Sistem drainase perkotaan konvensional melayani pembuangan kelebihan air dari suatu kawasan kota dengan cara mengalirkannya ke pembuangan akhir, seperti sungai, danau, atau laut melalui permukaan tanah (*surface drainage*) untuk menghindari terjadinya genangan air. Kelebihan air tersebut berasal tidak hanya dari buangan air hujan, tetapi juga dari air limbah domestik dan industri, tetapi yang paling dominan adalah air hujan. Sayangnya, sistem drainase ini hanya memindahkan genangan dari suatu tempat ketempat lain, sehingga mengakibatkan daerah lain yang tergenang. Oleh karena itu, perlu dilakukan perubahan sistem drainase perkotaan dimana saluran drainase tidak hanya berfungsi untuk memindahkan genangan, tetapi juga dapat berperan sebagai bangunan peresap.

Bangunan peresap adalah sarana untuk menampung dan meresapkan air hujan atau air permukaan ke dalam tanah. Bangunan peresap ini berfungsi untuk mengimbangi perubahan penggunaan lahan, mengurangi banjir dan genangan lokal, mengurangi beban dan mencegah kerusakan sarana drainase permukaan dan menambah cadangan air tanah sebagai usaha konservasi air. Pada penelitian ini perumusan yang digunakan ialah berdasarkan metode yang dikembangkan oleh Sunjoto (1993).

Dalam metode dan perumusan Saluran Drainase Porus oleh Sunjoto (1993), parameter yang digunakan untuk menentukan besarnya debit kehilangan air di saluran adalah tinggi air dalam saluran (m), koefisien permeabilitas tanah (m/s), lebar tengah saluran (m) dan panjang saluran. Adapun pada penelitian ini mencoba untuk mengembangkan metode dan perumusan tersebut dengan mengkaji apakah lama waktu pengaliran memiliki pengaruh

terhadap besar peresapan yang terjadi pada saluran drainase porus.

Diharapkan, hasil penelitian ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat mengenai saluran drainase porus untuk memberikan kontribusi yang besar bagi para ahli hidrologi untuk menyelesaikan masalah hidrologi kota yang seringkali menjadi masalah yang pelik dengan konsep drainase yang berwawasan lingkungan (ekodrainage).

LANDASAN TEORI

Analisis Hidrologi

Untuk DPS yang luasnya sampai dengan 5000 ha, penerapan metode rasional adalah sangat tepat dengan anggapan bahwa; intensitas curah hujan merata di seluruh DPS untuk waktu curah hujan tertentu, lama hujan sama dengan waktu konsentrasi dan kala ulang puncak banjir sama dengan kala ulang intensitas hujan.

$$Qp = 0.002778.C.I.A \quad (\text{Pers. 1})$$

Dimana Qp = Debit puncak (m^3/d), C = koefisien limpasan, I = Intensitas hujan dengan durasi sama dengan waktu konsentrasi banjir (mm/jam), dan A = Luas daerah aliran sungai (Ha).

Untuk mendapatkan debit *surface run off* suatu kawasan, ada beberapa perhitungan yang dilakukan yaitu:

1. Analisis distribusi Frekuensi data Curah Hujan

Untuk mendapatkan Curah hujan rancangan dapat dilakukan melalui analisis frekuensi terhadap data-data curah hujan harian maksimum rata-rata daerah pada DAS kawasan tersebut. Adapun beberapa analisis frekuensi yang dapat digunakan yaitu model Normal, Gumbel dan Log Pearson type III.

2. Uji kesesuaian Pemilihan Distribusi

Uji kesesuaian dilakukan untuk mengetahui kebenaran suatu hipotesa distribusi frekuensi. Metode yang digunakan adalah Chi kuadrat (uji data vertikal) dan uji Smirnov Kolmogorov (uji data horizontal).

3. Intensitas Curah Hujan / Pola distribusi hujan Jam-jaman

Untuk menetapkan pola distribusi curah hujan pada lokasi, dilakukan berdasarkan analisis dan pengujian metode Mononobe dengan formulasi sebagai berikut :

$$I_t = \left[\frac{R_{24}}{24} \right] \left[\frac{24}{t} \right]^m \quad (\text{Pers. 2})$$

Dimana I_t = Intensitas Hujan (m/jam), R_{24} = Curah hujan harian maksimum (mm), t = Waktu curah hujan (jam), m = Koef. pangkat rumus mononobe antara $1/3 - 2/3$. Dalam hal ini hujan dianggap terdistribusi selama 1, 2, 3 dan 24 jam dalam satu hari.

4. Curah Hujan Netto

Curah hujan netto merupakan bagian dari curah hujan total yang menghasilkan limpasan langsung. Limpasan langsung ini terdiri atas limpasan permukaan (*surface run off*) dan *interflow* (air yang masuk ke dalam lapisan tipis di bawah permukaan tanah dengan permeabilitas tinggi yang keluar lagi di tempat yang lebih rendah dan berubah menjadi limpasan permukaan). Dengan menganggap bahwa proses transformasi hujan menjadi limpasan langsung mengikuti proses linier dan tidak berubah oleh waktu, maka hujan netto dapat dinyatakan sebagai :

$$Rn = f.R \quad (\text{Pers. 3})$$

Dimana Rn = hujan netto (mm), f = koefisien pengaliran, R = Curah hujan rancangan (mm)

5. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah suatu variabel yang didasarkan pada kondisi daerah pengaliran dan karakteristik hujan yang jatuh di daerah tersebut. Harga koefisien pengaliran akan berubah dari waktu ke waktu sesuai dengan perubahan karakteristik daerah aliran.

Perhitungan Debit Rembesan Saluran Drainase Porus

Perhitungan debit rembesan saluran drainase porus yang dikembangkan oleh Sunjoto (1993) adalah sebagai berikut

a. Saluran tanpa *lining* samping

$$Q = \frac{4 K H \left\{ H + \sqrt{(b B) \ln 2} \right\}}{\ln \left[\frac{2 \left\{ H + 2 \sqrt{(b B)} \right\}}{6 \sqrt{(b B)}} + \sqrt{\left\{ \left(\frac{2 H}{6 \sqrt{(b B)}} \right)^2 + 1} \right\}} \right]} \quad (\text{Pers. 4})$$

Dimana Q = kehilangan air di saluran (m³/s), H = tinggi air dalam saluran (m), K = koefisien permeabilitas tanah (m/s), b = lebar tengah saluran (m) dan B = panjang saluran (m). Catatan, untuk saluran tanpa *lining*, b adalah lebar rerata antara dasar saluran dengan lebar permukaan air (lebar tengah saluran).

b. Saluran dengan *lining* samping

$$Q = 4 K H \sqrt{(b B)} \quad (\text{Pers. 5})$$

Dimana Q = kehilangan air di saluran (m³/s), K = koefisien permeabilitas tanah (m/s), b = lebar dasar saluran (m) dan B = panjang saluran (m). Catatan, untuk saluran dengan *lining*, b adalah lebar dasar saluran.

Dimensi Saluran Drainase Porus

Dimensi saluran drainase porus yang dikembangkan oleh Sunjoto (1993) adalah sebagai berikut:

$$B = \frac{-f K T}{b \left(\ln \left\{ 1 - \frac{f K H}{Q} \right\} \right)} \quad (\text{Pers. 6})$$

Dimana B = panjang parit (m), b = lebar parit (m), f = faktor geometrik parit (m), K = koefisien permeabilitas tanah (m/j), H = tinggi air dalam parit (m), T = durasi dominan hujan (j) dan Q = debit masuk (m³/s).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan permodelan saluran drainase

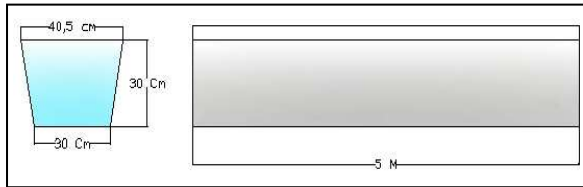
porus yang terdapat di Fakultas Teknik Unlam Banjarbaru. Data penunjang seperti data hidrologi dan sampel tanah diperoleh dari data proyek pembuatan model saluran drainase porus dan sumur resapan di Fakultas Teknik Unlam Banjarbaru, yang dikerjakan oleh Tim Dosen Fakultas Teknik Sipil Unlam. Untuk pengaliran air kesaluran drainase porus digunakan pengaliran air dari tangki air kesaluran drainase porus dengan menggunakan pompa air. Jadi *debit in* atau debit masuk kesaluran drainase porus adalah debit air yang keluar dari pompa air. Sedangkan untuk *debit out* atau debit keluaran akan dihitung dengan menggunakan alat ukur debit segitiga atau disebut juga dengan alat ukur debit Thompson.

Kegiatan penelitian akan dilakukan dengan melakukan pengamatan dan perhitungan debit limpasan aliran permukaan, debit air di saluran drainase porus dan debit air yang masuk kedalam sumur resapan dengan lama waktu pengaliran tertentu. Setelah didapatkan data dari pengamatan dan hasil perhitungan akan dilakukan analisis debit rembesan yang terjadi pada saluran drainase porus. Debit rembesan ini akan diketahui dari selisih antara debit yang masuk kesaluran drainase porus dengan debit yang keluar dari saluran drainase porus ($Q \text{ rembesan} = Q \text{ in} - Q \text{ out}$) setiap menitnya. Dari Q rembesan tiap menit ini akan diketahui apakah semakin lama waktu pengaliran terjadi perubahan terhadap Q rembesan, sehingga dapat diketahui apakah fungsi waktu (lama waktu pengaliran), mempengaruhi terhadap besarnya peresapan yang terjadi pada Saluran Drainase Porus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan penelitian ini dilakukan sebanyak 2 kali. Hal ini dilakukan agar data yang didapat nantinya lebih akurat dan dapat dibandingkan antara data yang satu dengan data yang lain sehingga dari penelitian ini dapat diperoleh hasil yang sesuai dengan

tujuan penelitian ini. Adapun dimensi saluran drainase porus yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Dimensi Saluran Drainase Porus

Perhitungan debit rembesan pada tiap-tiap penelitian dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Perhitungan Debit Rembesan Pada Penelitian Pertama

Menit	Debit Pompa (l/d) (Q in)	Debit Terukur Pada Alat Ukur Thompsom (l/d) (Q out)	Debit Rembesan (l/d) (Q in – Q out)	Debit Rembesan (%) $\frac{Q \text{ rembesan}}{Q \text{ in}} 100\%$
1	5,66	0,8	4.86	85,87
2	5,66	1,25	4.41	77,92
3	5,66	1,84	3.82	67,49
4	5,66	1,84	3.82	67,49
5	5,66	1,84	3.82	67,49
6	5,66	1,84	3.82	67,49
7	5,66	1,84	3.82	67,49
8	5,66	1,84	3.82	67,49
9	5,66	1,84	3.82	67,49
Debit Rembesan Rata-Rata				70,69

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 2. Hasil Perhitungan Debit Rembesan Pada Penelitian Kedua

Menit	Debit Pompa (l/d) (Q in)	Debit Terukur Pada Alat Ukur Thompsom (l/d) (Q out)	Debit Rembesan (l/d) (Q in – Q out)	Debit Rembesan (%) $\frac{Q \text{ rembesan}}{Q \text{ in}} 100\%$
1	5,37	0,8	4.57	85,10
2	5,37	1,53	3.84	71,51
3	5,37	1,53	3.84	71,51
4	5,37	1,53	3.84	71,51
5	5,37	1,53	3.84	71,51
6	5,37	1,53	3.84	71,51
7	5,37	1,53	3.84	71,51
8	6,02	1,84	4.18	69,44
9	6,02	2,18	3.84	63,79
10	6,02	2,18	3.84	63,79
11	6,02	2,18	3.84	63,79
12	6,02	2,18	3.84	63,79
13	6,02	2,18	3.84	63,79
14	6,02	2,18	3.84	63,79
15	6,02	2,18	3.84	63,79
Debit Rembesan Rata-Rata				68,68

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari data penelitian di atas dapat diketahui bahwa:

A. Q rembesan pada percobaan pertama

$$\begin{aligned} Q \text{ rembesan} &= Q_{in} - Q_{out} \\ &= 5,66 - 0,8 \\ &= 4,86 \text{ l/d} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ rembesan} &= Q_{in} - Q_{out} \\ &= 5,66 - 1,25 \\ &= 4,41 \text{ l/d} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ rembesan} &= Q_{in} - Q_{out} \\ &= 5,66 - 1,84 \\ &= 3,82 \text{ l/d} \end{aligned}$$

Pada penelitian yang pertama tercatat ada 3 kali perubahan debit yang terukur dengan menggunakan alat pengukur debit Thompson, yaitu sebesar 0,8 l/d, 1,25 l/d, dan 1,84 l/d. Akan tetapi terlihat bahwa hingga pencatatan menit yang terakhir debit 1,84 l/d tidak berubah dan kecenderungan debit semakin meningkat. Sehingga terlihat bahwa perubahan awal debit dikarenakan air yang terlebih dahulu mengisi saluran baru melewati alat ukur Thompson sehingga debitnya memang kecil, tetapi setelah beberapa menit kemudian debitnya menjadi konstan.

B. Q rembesan pada percobaan kedua

$$\begin{aligned} Q \text{ rembesan} &= Q_{in} - Q_{out} \\ &= 5,37 - 0,8 \\ &= 4,57 \text{ l/d} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ rembesan} &= Q_{in} - Q_{out} \\ &= 5,37 - 1,53 \\ &= 3,82 \text{ l/d} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ rembesan} &= Q_{in} - Q_{out} \\ &= 6,02 - 1,84 \\ &= 4,18 \text{ l/d} \end{aligned}$$

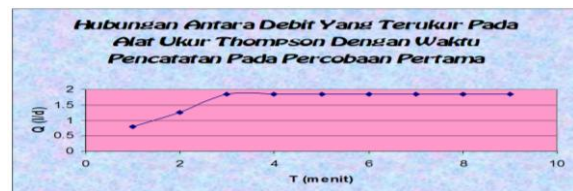
$$\begin{aligned} Q \text{ rembesan} &= Q_{in} - Q_{out} \\ &= 6,02 - 2,18 \\ &= 3,84 \text{ l/d} \end{aligned}$$

Pada penelitian yang kedua ini tercatat ada 4 kali perubahan debit yang terukur dengan menggunakan alat pengukur debit Thompson, yaitu sebesar 0,8 l/d, 1,53 l/d, 1,84 l/d dan 2,18 l/d. Pada saat pembacaan menit yang ke 8 terjadi perubahan debit pompa yang masuk ke saluran drainase porus. Yaitu dari debit 5,37 l/d menjadi 6,02 l/d.

Hal ini dikarenakan operator pompa sengaja menaikkan kekuatan dorongan pompa karena dikhawatirkan mesin pompa akan mati. Namun secara global terlihat bahwa hingga pencatatan menit ke 7 saat debit masih sebesar 5,37 l/d debit yang terukur pada alat ukur Thompson adalah konstan sebesar 1,53 l/d. Hanya satu kali terjadi perubahan yaitu pada menit pertama air meluap dari alat ukur thompson.

Begitu juga saat debit berubah menjadi sebesar 6,02 l/d, tercatat dari menit ke 8 hingga pencatatan pada menit terakhir debit yang terukur pada alat ukur Thompson hanya satu kali mengalami perubahan yaitu pada menit pertama dari perubahan debit pompa yaitu sebesar 1,84 l/d, sedangkan sisanya konstan yaitu sebesar 2,18 l/d.

Secara grafik dapat tergambar hubungan antara debit yang terukur pada alat ukur Thompson dengan waktu pencatatan, pada masing-masing percobaan:



Grafik 1. Hubungan Antara Debit Yang Terukur Pada Alat Ukur Thompson Dengan Waktu Pencatatan Pada Percobaan Pertama



Grafik 2. Hubungan Antara Debit Yang Terukur Pada Alat Ukur Thompson Dengan Waktu Pencatatan Pada Percobaan Kedua

Secara grafik dapat tergambar hubungan antara *debit in*, debit rembesan dan *debit out* dengan waktu pencatatan, pada masing-masing percobaan:



Grafik 3. Hubungan Antara *Debit In*, Debit Rembesan dan *Debit Out* Dengan Waktu Pencatatan Pada Percobaan Pertama



Grafik 4. Hubungan Antara *Debit In*, Debit Rembesan dan *Debit Out* Dengan Waktu Pencatatan Pada Percobaan Kedua

Dari beberapa grafik hasil penelitian di atas, maka dapat dilihat lebih jelas lagi bahwa ternyata memang debit rembesan yang terjadi konstan yaitu sebesar $Q = 3,82$ l/d untuk percobaan pertama dan $Q = 3,84$ l/d untuk percobaan kedua. Terbukti dari dua kali penelitian (percobaan) baik dari tabel maupun grafik telah menunjukkan bahwa debit rembesannya adalah konstan.

Untuk saluran drainase porus dengan dimensi dan panjang seperti yang terdapat pada penelitian ini, yaitu:

Panjang saluran drainase = 5 m

Lebar bawah saluran drainase = 30 cm

Lebar atas saluran drainase = 40,5 cm

Tinggi saluran drainase = 30 cm

maka akan diperoleh Q rembesan rata-rata yang terjadi sebesar 70,69 % untuk percobaan pertama dan Q rembesan rata-rata yang terjadi sebesar 68,68 % untuk percobaan kedua. Berarti untuk saluran drainase porus dengan jenis material, dimensi dan panjang yang sama dapat menghasilkan sumbangan untuk cadangan air tanah sebesar ± 70 % dari debit yang masuk ke saluran drainase porus.

Dari rumus yang dikembangkan oleh Sunjoto (1993), hanya membuat faktor tinggi air dalam saluran (m), faktor koefisien permeabilitas tanah (m/s), faktor

lebar tengah saluran (m) dan faktor panjang saluran (m). Kesemua faktor tersebut merupakan fungsi terhadap satuan yang dapat diukur dan bersifat konstan untuk sebuah saluran drainase yang ditinjau. Sehingga saat kita menghitung debit rembesan yang terjadi untuk sebuah saluran drainase maka nilainya akan tetap. Sedangkan untuk fungsi terhadap waktu (lama pengaliran) tidak membuat perubahan terhadap debit rembesan yang terjadi.

KESIMPULAN

Sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, dari data yang didapat pada penelitian dan dari analisa terhadap data tersebut, maka ada beberapa hal yang dapat ditarik sebagai kesimpulan pada penelitian ini, yaitu:

1. Saluran Drainase Porus sebagai sebuah Sistem Drainase Perkotaan ternyata memberikan dampak yang positif bagi cadangan air tanah yaitu dapat menghasilkan sumbangan untuk cadangan air tanah sebesar ± 70 % dari debit yang masuk ke saluran drainase porus.
2. Fungsi waktu, ternyata tidak mempengaruhi terhadap besarnya rembesan yang terjadi pada sebuah Saluran Drainase Porus. Sehingga formula yang dikemukakan oleh Sunjoto (1993) ternyata memang telah sesuai dengan aplikasinya di lapangan. Dari data debit rembesan (Q rembesan) yang terjadi pada 2 kali percobaan konstan sebesar $Q = 3,82$ l/d pada percobaan pertama dalam rentang waktu 9 menit dan $Q = 3,84$ l/d pada percobaan kedua dalam rentang waktu 15 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizah, Siti (2001) *Dampak Perkembangan Kota Terhadap Peresapan Air dalam Tanah BIOSAIN*, VOL. 1 NO. 2

- Aravin, V.E & Numerov, S.N (1965). *Theory of Fluid Flow In Underformable Porous Media*. Translated from Russian, Israel Program for Scientific Translation. Jerusalem
- Beukeboom, T.J (1982) *A Dry-Well System for Excess Rainwater Discharge*. Proceedings of the International Symposium on Urban Hydrology, Hydraulics and Sediment Control. Lexington, Kentucky.
- Bouwer, H (1978) *Groundwater Hydrology*. McGraw-Hill, Inc New York.
- Fathurrazie, dkk (2006) *Penerapan Sistem Drainase Lingkungan di Kampus UNLAM Banjarmasin dan Banjarbaru*. Laporan Pengabdian Masyarakat. Banjarmasin: LPM UNLAM
- Hantzche, N.N., dan J.B. Franzini (1980) *Utilization of Infiltration Basins for Urban Stormwater Management*. Proceedings of the International Symposium on Urban Runoff. Lexington, Kentucky.
- HMTL-ITB (1980) *Peresapan Buatan Sebagai Upaya Pengendalian Banjir Kota Bandung*. Bandung : ITB
- Joleha (2001) *Sistem Drainase Resapan Untuk Meningkatkan Pengisian (Recharge) Air Tanah*. *Jurnal Natur Indonesia III* (2)
- Kuo, C.Y., J.L. Zhu, & L.A. Dollard (1989). *A Study of Infiltration Trenches*. *Buletin of Virginia Water Resources Research Center, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg*.
- Litbang Pemukiman PU (1990) *Tatacara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan Standart*. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum
- Maryono, Agus (2003) *Konsep Ekodrainase sebagai Pengganti Drainase Konvensional*. *Opini Kompas*
- Sunjoto (1993) *Kehilangan Air Di Saluran*. Makalah disajikan dalam Laporan Penelitian UGM, Yogyakarta
- Sunjoto (1996). *Sistem Resapan pada Bangunan dan Lapangan Golf Serta Pengaruhnya terhadap Ketersediaan Air Untuk Tanaman*. Makalah disajikan dalam Laporan Penelitian DRN, Jakarta
- Suripin (2004) *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta : Penerbit Andi
- Taylor, D.W (1984) *Fundamentals of Soil Mechanics*. New York : Wiley
- Te Chow, Ven. Tanpa Tahun . *Open Channel Hydraulics*. Terjemahan oleh Ir. E. V. Nensi Rosalina, M. Eng. 1997. Jakarta : Penerbit Erlangga
- Yim, C.S. and Y.M. Sternberg (1984) *Laboratory Tests of Stormwater Management Infiltration Structures*. Maryland Department of Transportation, State Highway Administration Research Report.